

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-246640

(P2002-246640A)

(43) 公開日 平成14年8月30日 (2002.8.30)

(51) Int.Cl.
H01L 33/00

識別記号

FI
H01L 33/00

フィート (参考)

B 5F041
N

審査請求 有 請求項の数30 O.L. 外国語出願 (全 24 頁)

(21) 出願番号 特願2001-107502(P2001-107502)
 (22) 出願日 平成13年4月5日 (2001.4.5)
 (31) 優先権主張番号 90102661
 (32) 優先日 平成13年2月6日 (2001.2.6)
 (33) 優先権主張国 台湾 (TW)

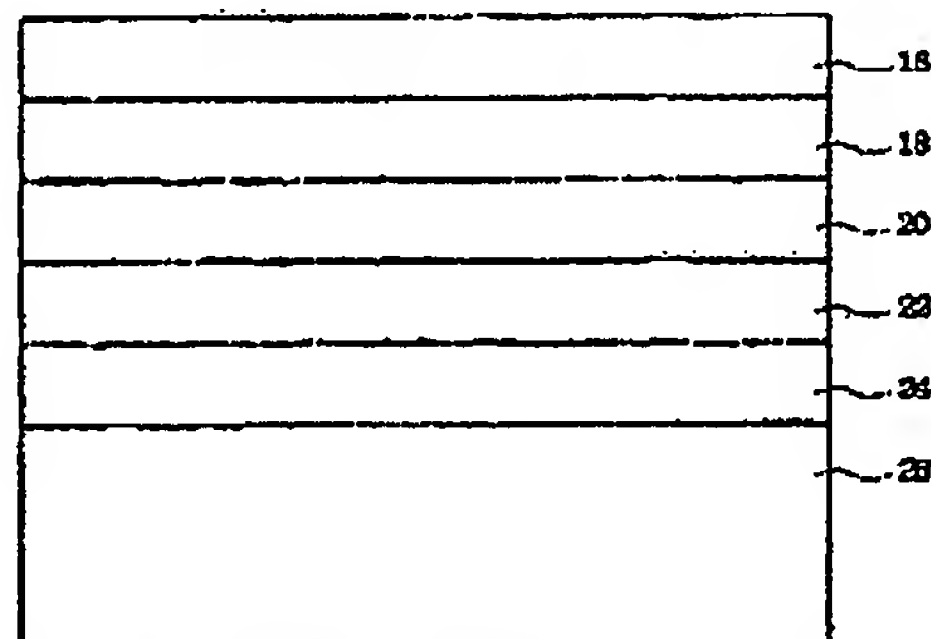
(71) 出願人 598149323
 國聯光電科技股▲ふん▼有限公司
 台湾新竹市科学工業園區力行路10號9樓
 (72) 発明者 楊 光雄
 台湾雲林縣古坑▲郷▼棋盤村興東8號
 (72) 発明者 陳 澤澎
 台湾新竹市竹村七路2-3號6樓
 (72) 発明者 張 智松
 台湾台北市吉林路393巷5號3樓
 (74) 代理人 100094318
 弁理士 山田 行一 (外1名)
 Pターム (参考) 5F041 A003 A004 G001 G008 CA12
 CA34 CA74 DA04

(54) 【発明の名称】 発光ダイオードとその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 歩留まりがよく低コストで単純な構造のLEDを提供する。

【解決手段】 発光ダイオード (LED) とその製造方法を開示する。本発明では、光吸収基板を含むLEDエピタキシャル構造と透明基板とを接合するための弾力的な透明粘着性物質材料層が用いられる。そして、光吸収基板を除去して透明基板を含むLEDを形成する。透明基板を使うことによってLEDの発光効率が著しく改善される。



(2)

特開2002-246640

【特許請求の範囲】

【請求項1】 発光ダイオードであって、
光吸収基板上に形成された多層AlGaInPエピタキシャル構造をもつLEDエピタキシャル構造と、
透明基板と、

前記透明基板と前記多層AlGaInPエピタキシャル構造とを接合するための弾力的な透明粘着性物質材料とを備える発光ダイオード。

【請求項2】 前記光吸収基板はGaAsである、請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項3】 前記LEDエピタキシャル構造はAlGaInPホモ構造である、請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項4】 前記LEDエピタキシャル構造はAlGaInPヘテロ構造である、請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項5】 前記LEDエピタキシャル構造は、AlGaInPダブルヘテロ構造である、請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項6】 前記LEDエピタキシャル構造はAlGaInP量子井戸である、請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項7】 前記弾力的な透明粘着性物質材料は、BCB (B-staged bisbenzocyclobutene) 樹脂である、請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項8】 前記弾力的な透明粘着性物質材料はエポキシ樹脂である、請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項9】 前記透明基板と前記LEDエピタキシャル構造とを接合した後で前記光吸収基板を除去するステップをさらに含む、請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項10】 前記透明基板はサファイアである、請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項11】 前記透明基板はガラスである、請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項12】 前記透明基板は、GaP、もしくはGaAsPである、請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項13】 前記透明基板は、ZnSe、ZnS、もしくはZnSSeである、請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項14】 前記透明基板はSiCである、請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項15】 前記透明基板と前記多層AlGaInPエピタキシャル構造とは前記以下の複数の段階、即ち、60℃から100℃までの温度範囲で加熱/加圧工程を実行する第1段階と、200℃から600℃の温度範囲で加熱/加圧工程を実行する第2段階とによって接合される、請求項1に記載の発光ダイオード。

【請求項16】 発光ダイオードを形成する方法であって、

光吸収基板上に形成された多層AlGaAsエピタキシャル層を含むLEDエピタキシャル構造を提供するステップと、

透明基板を提供するステップと、

前記透明基板と前記多層AlGaAsエピタキシャル構造とを接合するために、弾力的な透明粘着性物質材料を使用するステップとを含む、方法。

【請求項17】 前記光吸収基板はGaAsである、請求項16に記載の方法。

【請求項18】 前記LEDエピタキシャル構造はAlGaAsホモ構造である、請求項16に記載の方法。

【請求項19】 前記LEDエピタキシャル構造はAlGaAsヘテロ構造である、請求項16に記載の方法。

【請求項20】 前記LEDエピタキシャル構造は、AlGaAsダブルヘテロ構造である、請求項16に記載の方法。

【請求項21】 前記LEDエピタキシャル構造はAlGaAs量子井戸である、請求項16に記載の方法。

【請求項22】 前記弾力的な透明粘着性物質材料は、BCB (B-staged bisbenzocyclobutene) 樹脂である、請求項16に記載の方法。

【請求項23】 前記弾力的な透明粘着性物質材料はエポキシ樹脂である、請求項16に記載の方法。

【請求項24】 前記透明基板と前記LEDエピタキシャル構造とを接合した後で前記光吸収基板を除去するステップをさらに含む、請求項16に記載の方法。

【請求項25】 前記透明基板はサファイアである、請求項16に記載の方法。

【請求項26】 前記透明基板はガラスである、請求項16に記載の方法。

【請求項27】 前記透明基板はGaP、もしくは、GaAsPである、請求項16に記載の方法。

【請求項28】 前記透明基板はZnSe、ZnS、もしくは、ZnSSeである、請求項16に記載の方法。

【請求項29】 前記透明基板はSiCである、請求項16に記載の方法。

【請求項30】 前記透明基板と前記多層AlGaAsエピタキシャル構造とを接合するステップは、前記以下の複数の段階、即ち、60℃から100℃までの温度範囲で加熱/加圧工程を実行する第1段階と、200℃から600℃の温度範囲で加熱/加圧工程を実行する第2段階とによって実行される、請求項16に記載の方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、発光ダイオード(LED)チップの構造と製造方法に関し、特に、AlGaInP LEDチップの製造方法に関する。

【0002】

【発明の背景】 図4に示される従来のAlGaInP

(3)

特開2002-246640

LEDは、ダブルヘテロ構造(DH)を持ち、これは、 n 型GaAs基板3上に形成された約70%~100%のAl組成をもつ n 型 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 下位クラッド層4と、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ アクティブ層5と、約70%~100%のAl組成をもつ p 型 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ 上位クラッド層6と、 p 型大エネルギーギャップのGaAsP、InGaP、AlGaP、GaP、もしくは、AlGaAsの電流拡散層7から成る。アクティブ層の組成を調整することによって、従来のLED構造の発光波長を変えて、650nmの赤色から555nmの純緑色まで変化する波長を生成することができる。従来のLEDの欠点の1つは、アクティブ層によって生成された光がGaAs基板上に照射されるときに、その光がGaAs基板によって吸収されることである。これは、GaAs基板が小エネルギーギャップをもつからである。従って、LEDの光出力性能は大きく落ちることになる。

【0003】基板によって光が吸収されないようにする従来のLED技術の幾つかが開示されている。しかしながら、これらの従来の技術には、依然として欠点と限界がある。例えば、スガワラ(Sugawara)他は1つの方法を開示しており、これは、応用物理レター(Appl. Phys. Lett.) 61巻、1775-1777(1992年)で公表されている。これは、GaAs基板上に分散型ブラッグリフレクタ(DBR)層を追加することにより、GaAs基板上に照射される光を反射させて、GaAs基板によって吸収される光を減らすものである。しかしながら、DBR層だけがGaAs基板にほぼ垂直入射する光を反射するので、効率是非常によいというわけではない。

【0004】キッシュ(Kish)他は、ウェーハ接合透明基板(TB) $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}/\text{GaP}$ 発光ダイオードについて開示した[応用物理レター(Appl. Phys. Lett.) 64巻、No. 21、2839(1994年)、超高効率半導体ウェーハ接合透明基板 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}/\text{GaP}$]。水素化合物ペーパーフェーズエピタキシー(HVPE)を使って非常に厚い(約50 μm) p 型GaPウインドー層を成長させることによって、このTB AlGaInP LEDが組み立てられた。接合を行う前に化学機械研磨とエッチング技術を使って n 型GaAs基板が選択的に除去された。次に、露出された n 型 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ クラッド層は、8-10ミル厚の n 型GaP基板にウェーハ接合される。その結果であるTS AlGaInP LEDは、吸収基板(AS) AlGaInP LEDに比べて光出力が2倍に向上したことを示す。しかしながら、TS AlGaInP LEDの組立てプロセスは余りにも複雑である。従って、高歩留まりでかつ低コストでこれらのTS AlGaInP LEDを製造することは困難である。

【0005】ホング(Hong)他は、技術によって組立てられたミラー基板(MS) AlGaInP/金属/SiO₂/Si LEDについて報告した[応用物理レター(Appl. Phys. Lett.) 75巻、No. 20、3054(1999年)、ウェーハ接合によって組立てられたミラー基板を備えるAlGaInP発光ダイオード]。彼らはAuBe/Auを接着剤として用いて、Si基板とLEDエピ層を結合した。しかしながら、これらのMS AlGaInP LEDの輝度は、20mAの注入電流で約90mcdであり、TS AlGaInP LEDの輝度よりも40%低い。

【0006】

【課題を解決するための手段】上述のように、従来のLEDは多くの欠点がある。従って、本発明は、従来の欠点を解消するLED構造とその形成方法を提供する。

【0007】本発明は発光ダイオードを提供するものである。発光ダイオードは、光吸収基板上に形成された多層AlGaInPエピタキシャル構造をもつLEDエピタキシャル構造と、透明基板と、透明基板と多層AlGaInPエピタキシャル構造を接合するための透明粘着性物質材料層を備える。LEDのアクティブ層は、シングルヘテロ構造(SH)と、ダブルヘテロ構造(DH)と、多量子井戸(MQW)、もしくは、量子井戸ヘテロ構造(QWH)を備えることができる。一方、第1と第2のオーミックコンタクト金属層は、第1と第2の導電型エピタキシャル層にそれぞれ接合されている。その上、第1と第2のオーミックコンタクト金属層の両方ともに、同じ側に位置している。

【0008】本発明は、光吸収基板上に形成された多層AlGaInPエピタキシャル構造をもつLEDエピタキシャル構造を提供するステップと、透明基板を提供するステップと、前記透明基板と多層AlGaInPエピタキシャル構造を接合するために、BCB(Bis-azobenzocyclobutene)樹脂やエポキシ樹脂等の透明粘着性物質材料層を使うステップとを含む、発光ダイオードの製造方法を提供する。次に、光吸収基板を除去して、第1の導電型エッチストップ層を露出させることで、例えば、第1のオーミックコンタクト金属層が形成される。また、エッチングステップでは、第2の導電型エピタキシャル層を露出して、第2のオーミックコンタクト層が形成する。さらに、第1と第2のオーミックコンタクト金属層共に同じ側に配設されている。

【0009】本発明の利点は単純なLED構造を提供することで、低温でLED構造の接着プロセスを実行できるので、V族元素の蒸発の問題が回避される。さらに、透明基板を使うことによってLEDの発光効率は大幅に改善される。

【0010】本発明のその他の利点は、透明基板の材料として低コストのガラスを使うことができる単純化され

(4)

特開2002-246640

たプロセスにある。従って、歩留まりの高いスループットと低コストが達成される。

【0011】本発明のその他の利点は、弾力的な特性の透明粘着性物質材料を使って、透明基板と多層AlGaInPエピタキシャル構造を接合することにある。従って、エピタキシャル構造が荒い表面をもっていたとしても、弾力的な透明粘着性物質層を使うことによって優れた接合結果が得られる。

【0012】

【発明の実施の形態】本発明は、LED構造とその形成方法を開示するものであり、以下で詳細に説明される。

【0013】図1に図して、本発明の発光ダイオードのエピタキシャル構造は、n型GaAs基板26、エッチストップ層24、n型(AI_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P下位クラッド層22、(AI_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}Pアクティブ層20、p型(AI_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P上位クラッド層18、p型オーミックコンタクトエピタキシャル層16を備える。

【0014】上述の説明では、材料のエネルギーギャップがアクティブ層のものよりも大きい限り、p型オーミックコンタクトエピタキシャル層の材料はAlGaAs、AlGaInP、GaAsPでよく、アクティブ層から出される光は吸収されない。

【0015】さらに、アクティブ層は約0.5 ≤ x ≤ 0.45のAl組成をもち、下位クラッド層は約0.5 ≤ x ≤ 1のAl組成をもち、上位クラッド層は約0.5 ≤ x ≤ 1のAl組成をもつ。もし、x = 0ならば、アクティブ層の組成はGa_{0.5}In_{0.5}Pであり、LEDの波長λ_dは635 nmである。

【0016】上述の説明では、(AI_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P等の化合物比が好適な例であって、いかなる比のIII-V族半導体材料に対しても本発明を適用できる。さらに、本発明のAlGaInPアクティブ層20の構造は、SH構造、DH構造、複数の量子井戸(MQWs)構造、もしくは、量子井戸ヘテロ構造(QWHs)でよい。DH構造は、図1に示されるように、n型(AI_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P下位クラッド層22と、(AI_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}Pアクティブ層20と、p型(AI_xGa_{1-x})_{0.5}In_{0.5}P上位クラッド層18とを備える。尚、下位クラッド層22と、アクティブ層20と、上位クラッド層18の好適な厚さはそれぞれ、約0.5-3.0、0.5-2.0、0.5-3.0 μmである。

【0017】本発明のエッチストップ層24の好適な材料は、GaAs基板26の格子と一致、もしくは、不一致する格子をもつIII-V族化合物半導体材料でもよい。また、本発明のエッチストップ層24の材料も、GaAs基板26のエッチレートより非常に小さいエッチレートをもつ。例えば、InGaP、もしくは、AlGaAsはエッチストップ層24に適した候補になり得

る。さらに、n型AlGaInP下位クラッド層は、GaAs基板のエッチレートよりも非常に低いエッチレートをもつ。従って、もし下位クラッド層が十分な厚みをもつなら、異なる組成をもつエッチストップ層として利用されるオプションとしてのエピタキシャル層は不要である。

【0018】図2に示される構造は、BCB(Bis-azobenzocyclobutene)樹脂等の透明粘着性物質層14と透明基板(TS)10を備える。粘着性物質層14の材料はBCBに限定されるものではない。エポキシやその他の材料等の同様の特性の粘着性物質材料も本発明に適用可能である。ガラス、サファイアウェーハ、SiCウェーハ、GaPウェーハ、GaAsPウェーハ、ZnSeウェーハ、ZnSウェーハ、もしくは、ZnSSeウェーハから透明基板を構成することができる。材料によって吸収される光が些細である限り、これらの材料を透明基板として選ぶことができる。本発明の1つの利点は、透明基板が単結晶ウェーハである必要がないことである。LEDエピタキシャル層を支持するために透明基板を使ってエピタキシャル層の破壊を回避することができ、電流が透明基板を流れることはない。言い換えれば、多結晶とアモルファス結晶の両方をキャリアー基板として使うことができる。従って、製造コストは大きく下がる。

【0019】その後、図1のエピタキシャル層構造は図2の透明基板と結合される。本発明の方法に基づいて、加圧/加熱下のある温度、例えば、250℃で接着工程を実施することができる。LEDエピタキシャル構造と透明基板間の接着特性を改善するために、例えば、堆積、蒸発、もしくは、スパッタによって、密着強化層を、LEDエピタキシャル構造の表面と透明基板の表面上に形成することができる。その後、BCB層が塗布され、次に、LEDエピタキシャル構造と透明基板間の接着を完了するまでの期間、ある温度、例えば、250℃とある圧力が加えられる。適切に接着させるために、LEDエピタキシャル構造とBCB層によって接合された透明基板を低温、例えば、60℃から100℃まで加熱して有機溶剤をBCB層から除去し、その温度を200℃から600℃までの範囲で上げることができるので、LEDエピタキシャル構造と透明基板とBCB層の接合力は優れたものになる。その後、エッチャント、例えば、5H₃PO₄:3H₂O₂:3H₂O、もしくは、1NH₄OH:35H₂O₂によって、不透明なn型GaAs基板が除去される。しかしながら、エッチストップ層InGaP、もしくは、AlGaAsは相変わらず、アクティブ層から出された光を吸収する。従って、エッチストップ層を除去してn型オーミックコンタクト金属層と接触するエッチストップ層の一部だけを残す必要がある。n型AlGaInP下位クラッド層とAlGaInPアクティブ層とp型AlGaInP上位クラッド層の

(5)

特開2002-246640

一部分を除去するために、ドライエッチング法、例えば、RIEが適用されて、さらにp型オーミックコンタクトエピタキシャル層が露出される。次に、p型オーミックコンタクト金属層28が、p型オーミックコンタクトエピタキシャル層16上に形成される。その後、図3に示されるように、n型オーミックコンタクト金属層30をn型AlGaInP下位クラッド層22上に形成して、同じ側に形成されたp型とn型のオーミックコンタクト金属層を含むLED構造を形成する。

【0020】本発明の波長635nmのAlGaInP LEDの光出力は4mwより大きく(20mAの注入電流で)、また、従来の吸収基板AlGaInP LEDの光出力パワーより2倍大きい。

【0021】本発明は、高光度のAlGaInP LEDに限定されるものではなく、また、その他のLED材料、例えば、赤色と赤外線赤色のAlGaAs LEDに適している。図5は、本発明の第2の実施形態のエピタキシャル構造の断面を示す。AlGaAs赤色LED(650nm)は、n型GaAs基板51と、約70~80%のAl組成と0.5μm~2μmの厚みをもつn型AlGaAs下位クラッド層52と、約70~80%のAl組成と0.5μm~2μmの厚みをもつp型AlGaAs上位クラッド層54とのスタック構造を備える。次に、AlGaAs赤色LED構造が透明基板56、例えば、BCB55によるサファイアに接合される。そして、NH₄OH:H₂O₂=1.7:1等のエッチャントによってエピタキシャル構造をエッチングして、不透明なn型GaAs基板を除去する。その後、ウェットエッチング、もしくは、ドライエッチングが適用されて、n型AlGaAs下位クラッド層とAlGaAsアクティブ層の一部が除去され、さらに、p型AlGaAs上位クラッド層が露出される。次に、p型オーミックコンタクト金属層57がp型AlGaAs上位クラッド層54上に形成される。そして、n型オーミックコンタクト金属層58がn型AlGaAs下位クラッド層52に形成されて、同じ側に形成されたp型とn型のオーミックコンタクト金属層を含むLED構造が形成される。

【0022】本発明のAlGaAs LEDの光出力パワーは、従来の吸収基板AlGaAs LEDの光出力パワーよりも2倍大きい。本発明のAlGaAs LEDの波長は650nmであるが、これに限定されるものではない。

【0023】LEDは透明基板を備え、p型とn型のオーミック金属層の両方とも、透明基板の同じ側に形成される。従って、チップフリップパッケージ法が適用可能であり、もはや、従来のワイヤボンディング法は必要ない。従って、本発明の方法によって形成されたLEDはより高い信頼性をもつ。さらに、透明基板、によって光は吸収されないため、LEDの明度が改善される。その上、高硬度のサファイアやガラスやSiCから透明基板を形成できるので、基板を割ることなくその厚さを100マイクロメートルまで薄くすることができるので、薄い厚みと小さなサイズのLED構造が製造される。

【0024】本発明の利点の1つは、透明基板と多層AlGaInPエピタキシャル構造を接合するために、弾力特性をもつ透明粘着性物質材料を使用したことである。従って、エピタキシャル構造が覆い表面をもつていたとしても、弾力特性をもつ透明粘着性物質材料の使用によって優れた接合結果が得られる。

【0025】本発明の好適な実施形態を図示し説明してきたが、本発明の精神と範囲から逸脱することなく、それらに対して様々な変更を行うことが可能であることを正しく理解されたい。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る好適な実施形態の発光ダイオードの製造プロセスの概略断面図である。

【図2】本発明に係る好適な実施形態の発光ダイオードの製造プロセスの概略断面図である。

【図3】本発明に係る好適な実施形態の発光ダイオードの製造プロセスの概略断面図である。

【図4】従来の発光ダイオードの構造の概略断面図である。

【図5】本発明の発光ダイオードの構造の概略断面図である。

【図6】本発明の発光ダイオードの構造の概略断面図である。

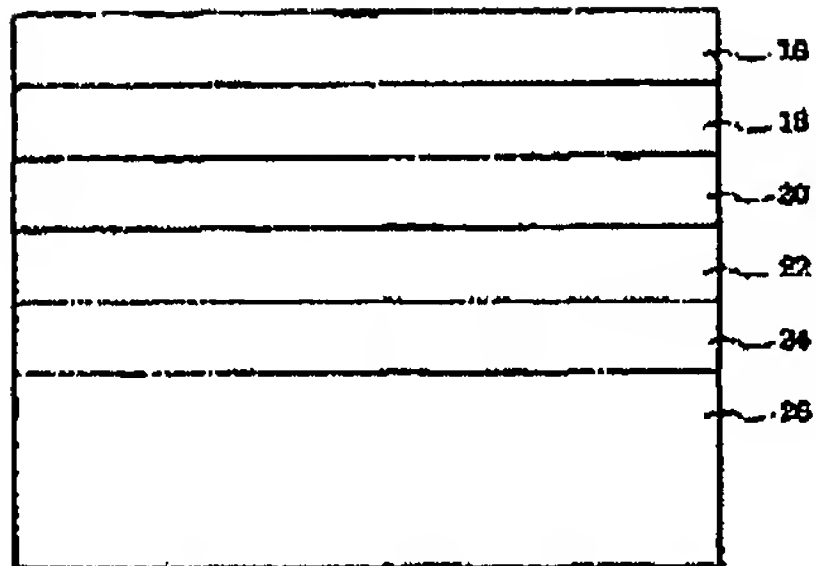
【符号の説明】

- 16 p型オーミックコンタクトエピタキシャル層
- 18 p型(A_{1-x}Ga_x)_{0.5}In_{0.5}P上位クラッド層
- 20 (A_{1-x}Ga_x)_{0.5}In_{0.5}Pアクティブ層
- 22 n型(A_{1-x}Ga_x)_{0.5}In_{0.5}P下位クラッド層
- 24 エッチストップ層
- 26 n型GaAs基板

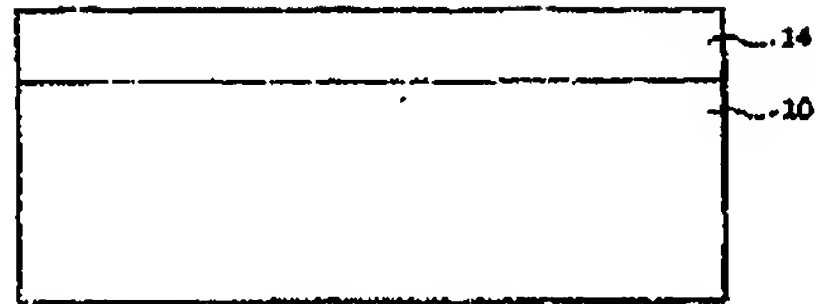
(6)

特開2002-246640

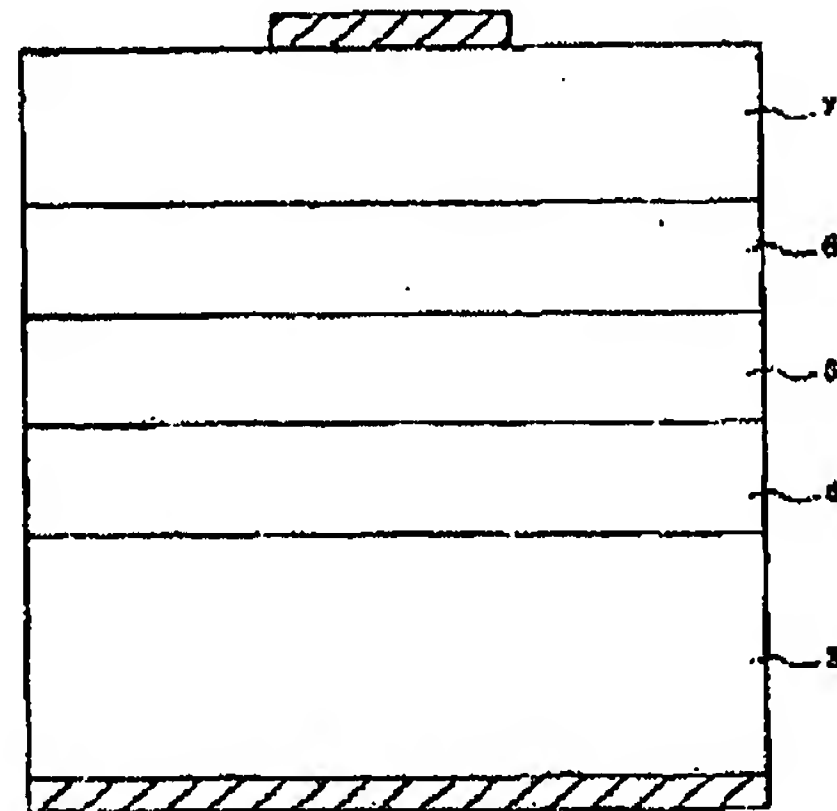
【図1】



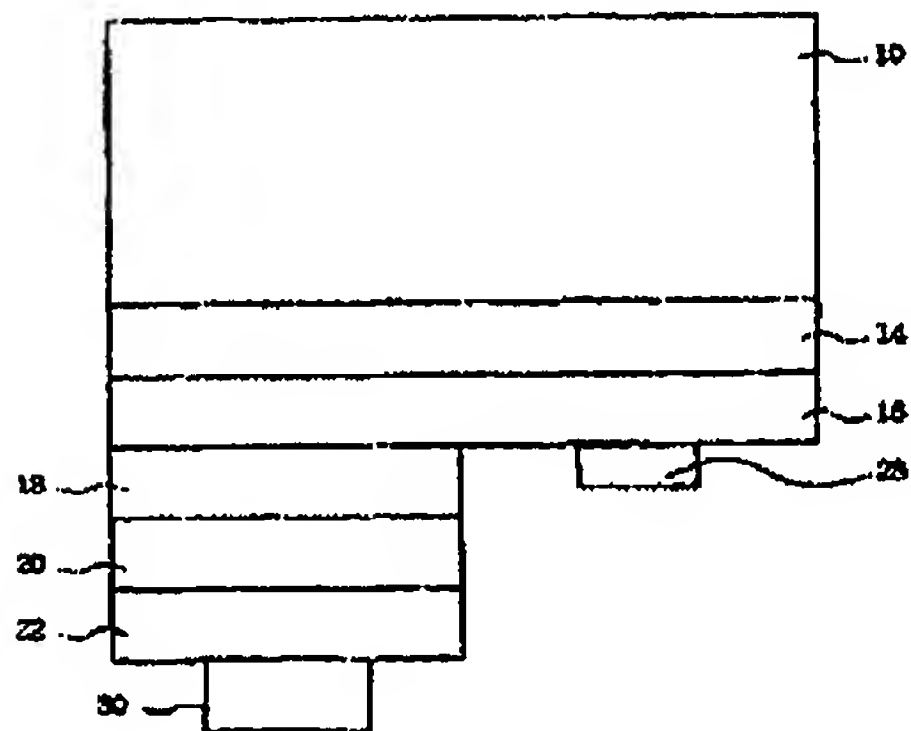
【図2】



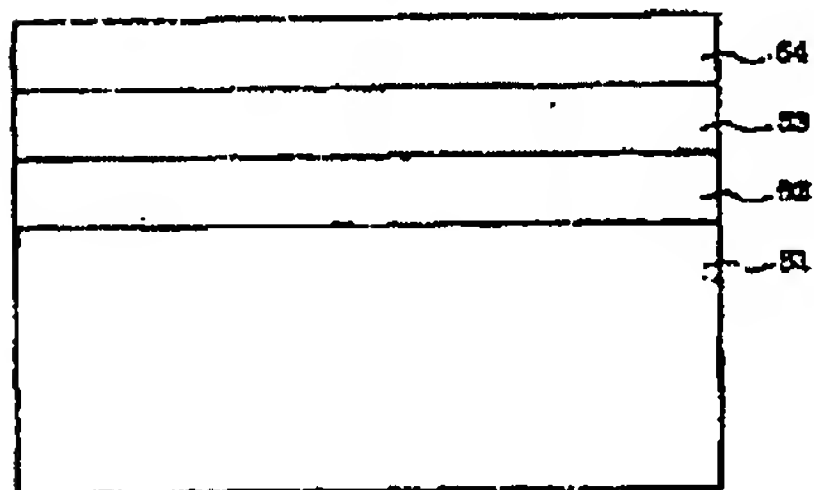
【図4】



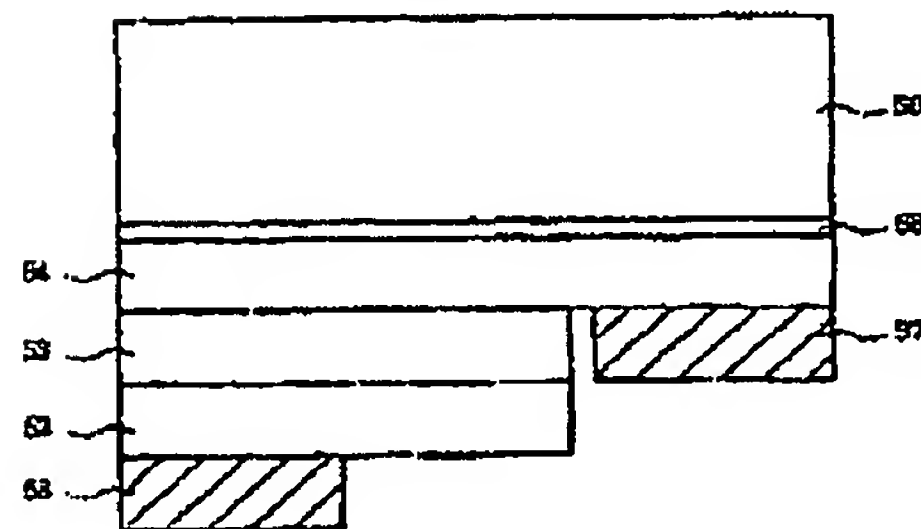
【図3】



【図5】



【図6】



(7)

特開2002-246640

【外國語明細書】

1 Title of Invention

LIGHT EMITTING DIODE AND METHOD OF MAKING THE SAME

2 Claims

1. A light emitting diode, comprising:
a LED epitaxial structure having a multi-layered AlGaInP epitaxial structure formed on a light-absorbing substrate;
a transparent substrate; and
an elastic transparent adhesive material for bonding the transparent substrate and the multi-layered AlGaInP epitaxial structure.
2. The light emitting diode according to claim 1, wherein the light-absorbing substrate is GaAs.
3. The light emitting diode according to claim 1, wherein the LED epitaxial structure is an AlGaInP homostructure.
4. The light emitting diode according to claim 1, wherein the LED epitaxial structure is an AlGaInP heterostructure.
5. The light emitting diode according to claim 1, wherein the LED epitaxial structure is an AlGaInP double heterostructure.
6. The light emitting diode according to claim 1, wherein the LED epitaxial structure is an AlGaInP quantum well.
7. The light emitting diode according to claim 1, wherein the elastic transparent

(8)

特開 2002-246640

adhesive material is BCB (B-staged bisbenzocyclobutene) resin.

8. The light emitting diode according to claim 1, wherein the elastic transparent adhesive material is epoxy resin

9. The light emitting diode according to claim 1, further comprises the step of removing the light-absorbing substrate after the bonding of the transparent substrate and the LED epitaxial structure.

10. The light emitting diode according to claim 1, wherein the transparent substrate is sapphire.

11. The light emitting diode according to claim 1, wherein the transparent substrate is glass

12. The light emitting diode according to claim 1, wherein the transparent substrate is GaP or GaAsP.

13. The light emitting diode according to claim 1, wherein the transparent substrate is ZnSe, ZnS or ZnSSe.

14. The light emitting diode according to claim 1, wherein the transparent substrate is SiC.

15. The light emitting diode according to claim 1, wherein the transparent

(0)

特開2002-246840

substrate and the multi-layered AlGaInP epitaxial structure are bonded by the following stages: first stage: performing a heating and pressing step in a temperature between 60 °C and 100 °C; second stage: performing a heating and pressing step in a temperature between 200 °C and 600 °C.

16. A method of making a light emitting diode, comprising:

- providing a LED epitaxial structure having a multi-layered AlGaAs epitaxial layer formed on a light-absorbing substrate;
- providing a transparent substrate; and
- using an elastic transparent adhesive material to bond the transparent substrate and the multi-layered AlGaAs epitaxial structure.

17. The method according to claim 16, wherein the light-absorbing substrate is GaAs.

18. The method according to claim 16, wherein the LED epitaxial structure is an AlGaAs homostructure.

19. The method according to claim 16, wherein the LED epitaxial structure is an AlGaAs heterostructure.

20. The method according to claim 16, wherein the LED epitaxial structure is an AlGaAs double heterostructure.

21. The method according to claim 16, wherein the LED epitaxial structure is an

(10)

特開 2002-246640

AlGaAs quantum well.

22. The method according to claim 16, wherein the elastic transparent adhesive material is BCB (B-staged bisbenzocyclobutene) resin.

23. The method according to claim 16, wherein the elastic transparent adhesive material is epoxy resin.

24. The method according to claim 16, further comprises the step of removing the light-absorbing substrate after the bonding of the transparent substrate and the LED epitaxial structure.

25. The method according to claim 16, wherein the transparent substrate is sapphire.

26. The method according to claim 16, wherein the transparent substrate is glass.

27. The method according to claim 16, wherein the transparent substrate is GaP or GaAsP.

28. The method according to claim 16, wherein the transparent substrate is ZnSe, ZnS or ZnSSe.

29. The method according to claim 16, wherein the transparent substrate is SiC.

30. The method according to claim 16, wherein the step of bonding the transparent substrate and the multi-layered AlGaAs epitaxial structure is performed in the following steps: first stage: performing a heating and pressing step in a temperature between 60°C and 100°C; second stage: performing a heating and pressing step in a temperature between 200°C and 600°C.

! Detailed Description of Invention

(11)

特開2002-246640

FIELD OF THE INVENTION

The present invention relates to a structure and a method of making a light emitting diode (LED) chip, and more particularly to a structure and a method of making an AlGaInP LED chip.

BACKGROUND OF THE INVENTION

The conventional AlGaInP LED, as shown in Fig. 4, has a double heterostructure (DH), which is consisted of an n-type $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ lower cladding layer 4 with an Al composition of about 70%~100%, formed on a n-type GaAs substrate 3, an $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ active layer 5, a p-type $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ upper cladding layer 6 with an Al composition of about 70%~100% and a p-type high energy gap GaAsP, InGaP, AlGaP, GaP, or AlGaAs current spreading layer 7. The emitting wavelength of the conventional LED structure can be changed by adjusting composition of the active layer to generate a wavelength changed from 650 nm red to 555 nm pure green. One disadvantage of the conventional LED is that, when the light generated by the active layer is emitted downward to the GaAs substrate, the light will be absorbed by the GaAs substrate since the GaAs substrate has a smaller energy gap. Accordingly, the light-output performance of the LED will be greatly reduced.

There are some conventional LED technologies have been disclosed in order to avoid the absorption of light by the substrate. However, these conventional

(12)

特開2002-246640

technologies still have some disadvantages and limitations. For example, Sugawara et al. disclosed a method, which has been published in Appl. Phys. Lett. Vol. 61, 1775-1777 (1992), that adding a distributed bragg reflector (DBR) layer on the GaAs substrate so as to reflect the light emitted downward to the GaAs substrate and to decrease the light absorbed by the GaAs substrate. However, because the DBR layer only reflects light that is of near normal incidence to the GaAs substrate, so that the efficiency is not very great.

Kish et al. disclosed a wafer-bonded transparent-substrate (TS) ($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}_y\text{P}$ /GaP light emitting diode [Appl. Phys. Lett. Vol. 64, No. 21, 2839 (1994); Very high-efficiency semiconductor wafer-bonded transparent-substrate ($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}_y\text{P}$ /GaP]. This TS AlGaInP LED was fabricated by growing a very thick (about 50 μm) p-type GaP window layer using hydride vapor phase epitaxy (HVPE). Before bonding, the n-type GaAs substrate was selectively removed using chemical mechanical polishing and etching techniques. The exposed n-type ($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{In}_y\text{P}$) cladding layers are subsequently wafer-bonded to 8-10 mil thick n-type GaP substrate. The resulting TS AlGaInP LED exhibits a two fold improvement in light output compared to absorbing substrate (AS) AlGaInP LED. However, the fabrication process of TS AlGaInP LED is too complicated. Therefore, it is difficult to manufacture these TS AlGaInP LEDs in high yield and low cost.

Hoing et al. reported a mirror-substrate (MS) AlGaInP/metal/SiO₂/Si LED fabricated by wafer-fused technology [Appl. Phys. Lett. Vol. 75, No. 20, 3054 (1999); AlGaInP light-emitting diodes with mirror substrates fabricated by wafer bonding]. They used the AuBe/Au as the adhesive to bond the Si substrate and LED

(13)

特開2002-246640

epilayers. However, the luminous intensity of these MS AlGaInP LEDs is about 90mcd with 20mA injection current and is still 40% lower than the luminous intensity of TS AlGaInP LED.

SUMMARY OF THE INVENTION

As described above, the conventional LED has many disadvantages. Therefore, the present invention provides a LED structure and method of making the same to solve the conventional disadvantages.

The present invention provides a light emitting diode. A light emitting diode, the light emitting diode comprises a LED epitaxial structure having a multi-layered AlGaInP epitaxial structure formed on a light-absorbing substrate; a transparent substrate; and a layer of transparent adhesive material for bonding the transparent substrate and the multi-layered AlGaInP epitaxial structure. The active layer of the LED can be composed of single heterostructure (SH), double heterostructure (DH), multi quantum wells (MQWs), or quantum wells heterostructure (QWHs). Meanwhile, a first and a second ohmic contact metal layer are bonded to a first and a second conductive-type epitaxial layers, respectively. Besides, both the first and second ohmic contact metal layers are located on the same side.

The present invention provides a method for manufacturing a light emitting diode, which comprises the steps of: providing a LED epitaxial structure having a multi-layered AlGaInP epitaxial structure formed on a light-absorbing substrate; providing a transparent substrate and using a layer of transparent adhesive material, for

(14)

特開 2002-246640

example, BCB (B-staged bisbenzocyclobutene) resin or Epoxy resin, to bond the transparent substrate and the multi-layered AlGaInP epitaxial structure. The light-absorbing substrate is then removed to expose the first conductive-type etching stop layer so that a first ohmic contact metal layer is, for example, formed. The etching step also exposes the second conductive type epitaxial layer to form a second ohmic contact layer. In addition, both the first and second ohmic contact metal layers are located on the same side.

An advantage of the present invention is to provide a simple LED structure, the adhesion process of the LED structure can be performed at lower temperature to avoid the evaporation problem of V group elements. Moreover, by the use of the transparent substrate, the light emitting efficiency of the LED can be significantly improved.

Another advantage of the present invention is the simplified process, wherein the low cost glass can be used as the material of the transparent substrate. Accordingly, a throughput with high yield and low cost is achieved.

Another advantage of the present invention is the use of the elastic properties of transparent adhesive material to bond the transparent substrate and the multi-layered AlGaInP epitaxial structure. Therefore, an excellent bonding result can be obtained by the use of the elastic transparent adhesive layer even if the epitaxial structure has a roughness surface.

DETAILED DESCRIPTION OF THE PREFERRED EMBODIMENT

The present invention discloses a LED structure and method of making the same and will be described in detail as below.

Referring to Fig. 1, the epitaxial structure of light emitting diode of the present invention is composed of an n-type GaAs substrate 26, an etching stop layer 24, n-type $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ lower cladding layer 22 and $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ active layer 20, p-type $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ upper cladding layer 18, and p-type ohmic contact epitaxial layer 16.

In the above description, the material of the p-type ohmic contact epitaxial layer can be AlGaAs, AlGaInP, or GaAsP, as long as the energy gap of the material is larger than that of the active layer, and no light emitted from the active layer is

(15)

特開2002-246640

absorbed.

Moreover, the active layer has an Al composition of about $0 \leq x \leq 0.45$, the lower cladding layer has an Al composition of about $0.5 \leq x \leq 1$, the upper cladding layer has an Al composition of about $0.5 \leq x \leq 1$. If $x=0$, then the composition of the active layer is $\text{Ga}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$, and the wavelength λ_d of the LED is 635 nm.

In the above description, the ratio of the compound such as $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ is a preferred example, the invention is also applied to any ratio of II-V semiconductor material. In addition, the structure of the AlGaInP active layer 20 of the invention could be a SH structure, a DH structure, a multiple quantum wells (MQWs) structure, or a Quantum wells heterostructure (QWHs). The DH structure comprises the n-type $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ lower cladding layer 22, an $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ active layer 20 and a p-type $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ upper cladding layer 18, as shown in Fig. 1, wherein the preferred thickness of the lower cladding layer 22, the active layer 20 and the upper cladding layer 18 are about 0.5-3.0, 0.5-2.0 and 0.5-3.0 μm , respectively.

The preferred material of the etching stop layer 24 of the invention can be any III-V compound semiconductor material that has a lattice matched /or mismatched with that of the GaAs substrate 26. The material of the etching stop layer 24 of the invention also has an etching rate much smaller than that of the GaAs substrate 26. For example, InGaP or AlGaAs can be good candidates of the etching stop layer 24. In addition, the n-type AlGaInP lower cladding layer has an etching rate much smaller than that of the GaAs substrate. Therefore, if the lower cladding layer has enough thickness, an optional epitaxial layer, which is used as an etching stop layer, with

(16)

特開 2002-246640

different composition is not necessary.

The structure as shown in Fig. 2 comprises a transparent adhesive layer 14, for example, BCB (B-staged bisbenzocyclobutene) resin and a transparent substrate (TS) 10. The material of the adhesive layer 14 is not limited to BCB. Any adhesive material with similar property, such as Epoxy or other material, is also applicable to the invention. The transparent substrate can be composed of glass, sapphire wafer, SiC wafer, GaP wafer, GaAsP wafer, ZnSe wafer, ZnS wafer, or ZnSSe wafer. These materials can be chosen as the transparent substrate as long as the light absorbed by the material is minor. One advantage of the present invention is that the transparent substrate not must be single crystal wafer. The transparent substrate is used for supporting the LED epitaxial layer to avoid this epitaxial layer from breaking, the current does not flow through the transparent substrate. In other words, both the polycrystal and amorphous crystal can be used as the carrier substrate. Accordingly, the manufacture cost is significant decreased.

Thereafter, the epitaxial layer structure of Fig. 1 is bonded together with the transparent substrate of Fig. 2. The adhesion step can be performed in a temperature, for example, 250°C, with pressure and heat, according to the method of the invention. A layer of adhesion promoter can be formed on the surface of the LED epitaxial structure and transparent substrate surface by, for example, deposition, evaporation, or sputtering, to improve the adhesion property between the LED epitaxial structure and the transparent substrate. After that, a BCB layer is coated, then a temperature, for example, 250°C, and a pressure are applied for a period to the complete the adhesion between the LED epitaxial structure and the transparent substrate. In order to provide

(17)

特開2002-246640

better adhesion, the LED epitaxial structure and the transparent substrate bonded by the BCB layer, can be heated at a lower temperature, for example, 60 °C to 100 °C, to remove the organic solvent in the BCB layer, and then the temperature is raised to a range between 200°C and 600°C so that the bonding strength of the LED epitaxial structure, the transparent substrate, and the BCB layer is excellent. Thereafter, the opaque n-type GaAs substrate is then removed by etchant, for example, $\text{5H}_3\text{PO}_4\text{:3H}_2\text{O}_2\text{:3H}_2\text{O}$ or $\text{1NH}_4\text{OH:35H}_2\text{O}_2$. However, the etching stop layer, InGaP or AlGaAs, still absorbs the light emitted from the active layer. Therefore, it is necessary to remove the etching stop layer and only remains a portion of this etching stop layer contacted with the n-type ohmic contact metal layer. A dry etching method, for example, RIE, is then applied to remove portions of the n-type AlGaInP lower cladding layer, AlGaInP active layer and p-type AlGaInP upper cladding layer to further expose the p-type ohmic contact epitaxial layer. A p-type ohmic contact metal layer 28 is then formed on the p-type ohmic contact epitaxial layer 16. A n-type ohmic contact metal layer 30 is thereafter formed on the n-type AlGaInP lower cladding layer 22 to form a LED structure with p-type and n-type ohmic contact metal layers formed on the same side, as shown in FIG. 3.

The light output power of the AlGaInP LED with wavelength 635 nm of the present invention is more than 4mw (at 20mA injection current) and is two times higher than the light output power of the conventional absorbing substrate AlGaInP LED.

The present invention is not limited to the AlGaInP LED having high brightness, and is also suitable for other LED materials, for example, red and infrared-red AlGaAs

(18)

特開2002-246640

LED. The epitaxial structure shown on FIG. 5 is a cross sectional view of the second embodiment of the present invention. The AlGaAs red LED (650nm) includes a stacked structure of n-type GaAs substrate 51, n-type AlGaAs lower cladding layer 52 with Al composition of about 70-80% and thickness of 0.5 μ m-2 μ m, and a p-type AlGaAs upper cladding layer 54 with Al composition of about 70-80% and thickness of 0.5 μ m-2 μ m. The AlGaAs red LED structure is then bonded to a transparent substrate 56, for example, sapphire, by BCB 55. The epitaxial structure is then etched by an etchant, such as $\text{NH}_4\text{OH}:\text{H}_2\text{O}_2=1:7:1$ to remove the opaque n-type GaAs substrate. Thereafter, a wet etching or a dry etching is applied to remove portions of the n-type AlGaAs lower cladding layer and AlGaAs active layer and to further expose the p-type AlGaAs upper cladding layer. A p-type ohmic contact metal layer 57 is then formed on the p-type AlGaAs upper cladding layer 54. A n-type ohmic contact metal layer 58 is then formed on the n-type AlGaAs lower cladding layer 52 to form a LED structure with p type and n-type ohmic contact metal layers formed on the same side.

The light output power of the present invention AlGaAs LED is two times higher than the light output power of the conventional absorbing substrate AlGaAs LED. The AlGaAs LED of the present invention has a wavelength 650 nm, but is not limited thereto.

The LED is composed of transparent substrate, and both the p-type and n-type ohmic metal layer are formed on the same side of the transparent substrate, therefore a flip chip package method can be applied and the conventional wire bonding method is not necessary anymore. Therefore, the LED formed by the method of the present

(19)

特開2002-246640

invention has a better reliability. Furthermore, no light is absorbed by the transparent substrate, therefore the brightness of the LED is improved. In addition, the transparent substrate can be composed of sapphire, glass or SiC with high hardness, therefore the thickness of the substrate can be down to 100 micrometers without breaking so that a LED structure with thin thickness and small size is manufactured

One advantage of the present invention is the use of the elastic property of transparent adhesive material to bond the transparent substrate and the multi-layered AlGaInP epitaxial structure. Therefore, an excellent bonding result can be obtained by the use of the elastic property of transparent adhesive material even if the epitaxial structure has a roughness surface.

While the preferred embodiment of the invention has been illustrated and described, it will be appreciated that various changes can be made therein without departing from the spirit and scope of the invention.

4 Brief Description of Drawings

FIGs. 1-3 are schematic, cross-sectional views of the process for manufacturing a light emitting diode in a preferred embodiment according to the present invention;

FIG. 4 is a schematic, cross-sectional view of structure of conventional light emitting diode;

FIGs. 5-6 are schematic, cross-sectional views of structures of light emitting diode of the present invention

(20)

特開2002-246640

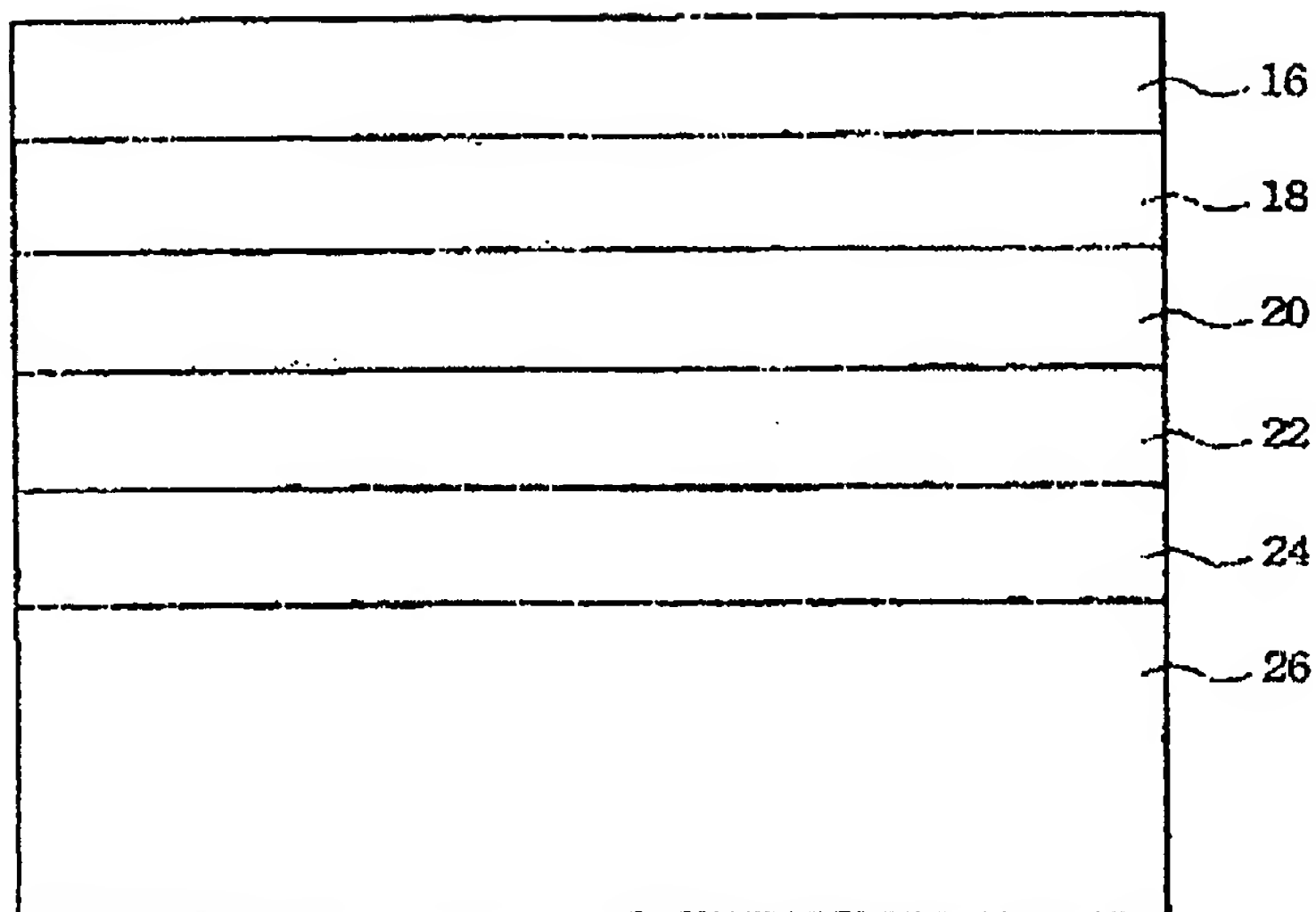


FIG. 1

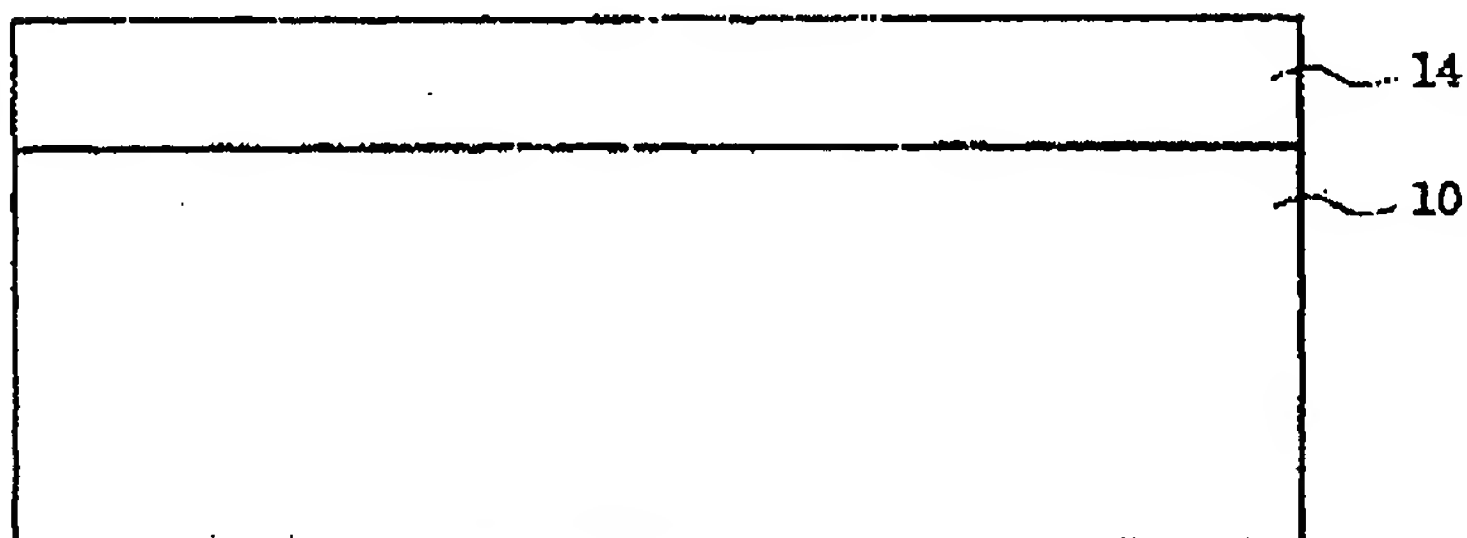


FIG. 2

(21)

特開2002-246640

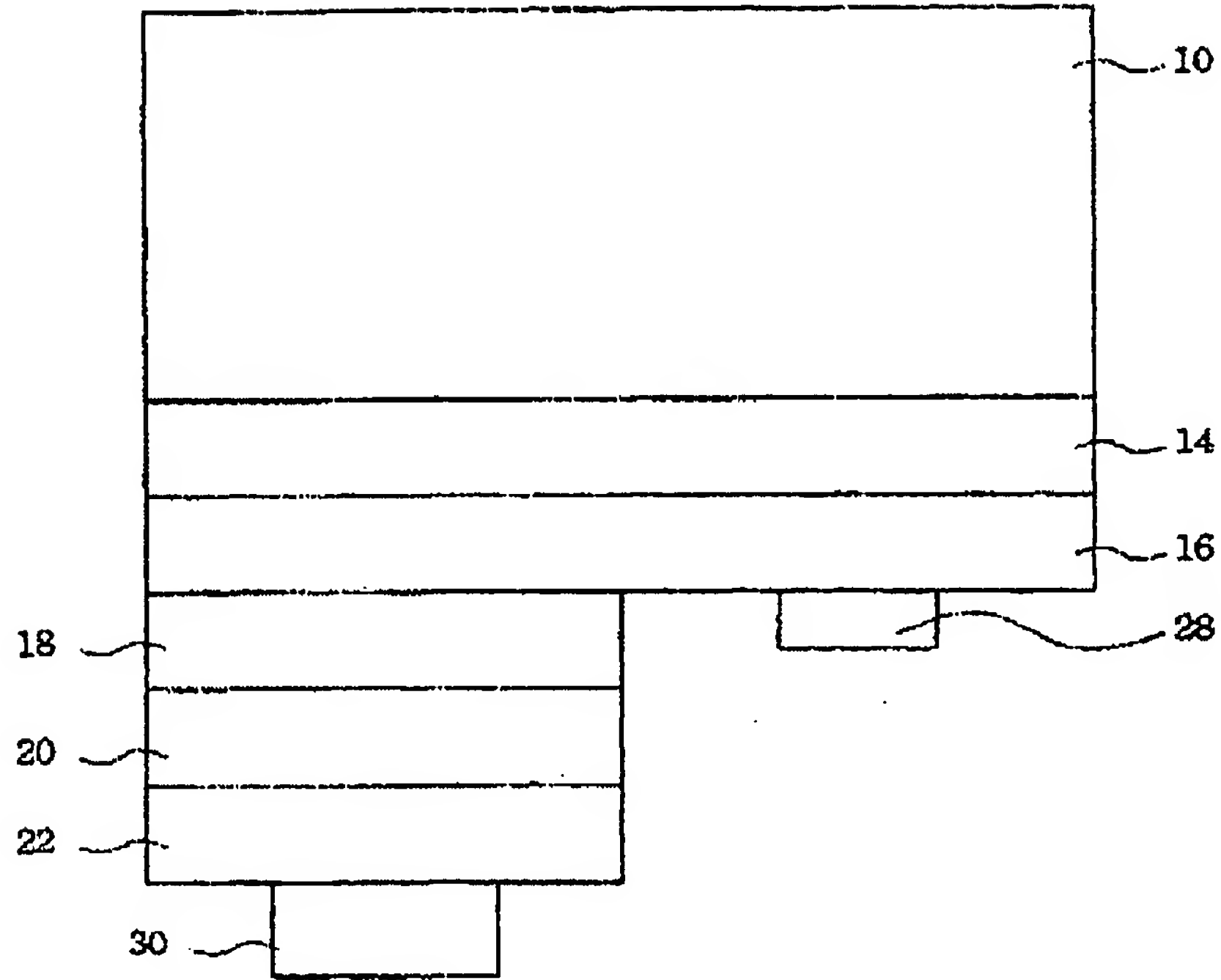


FIG. 3

(22)

特開2002-246640

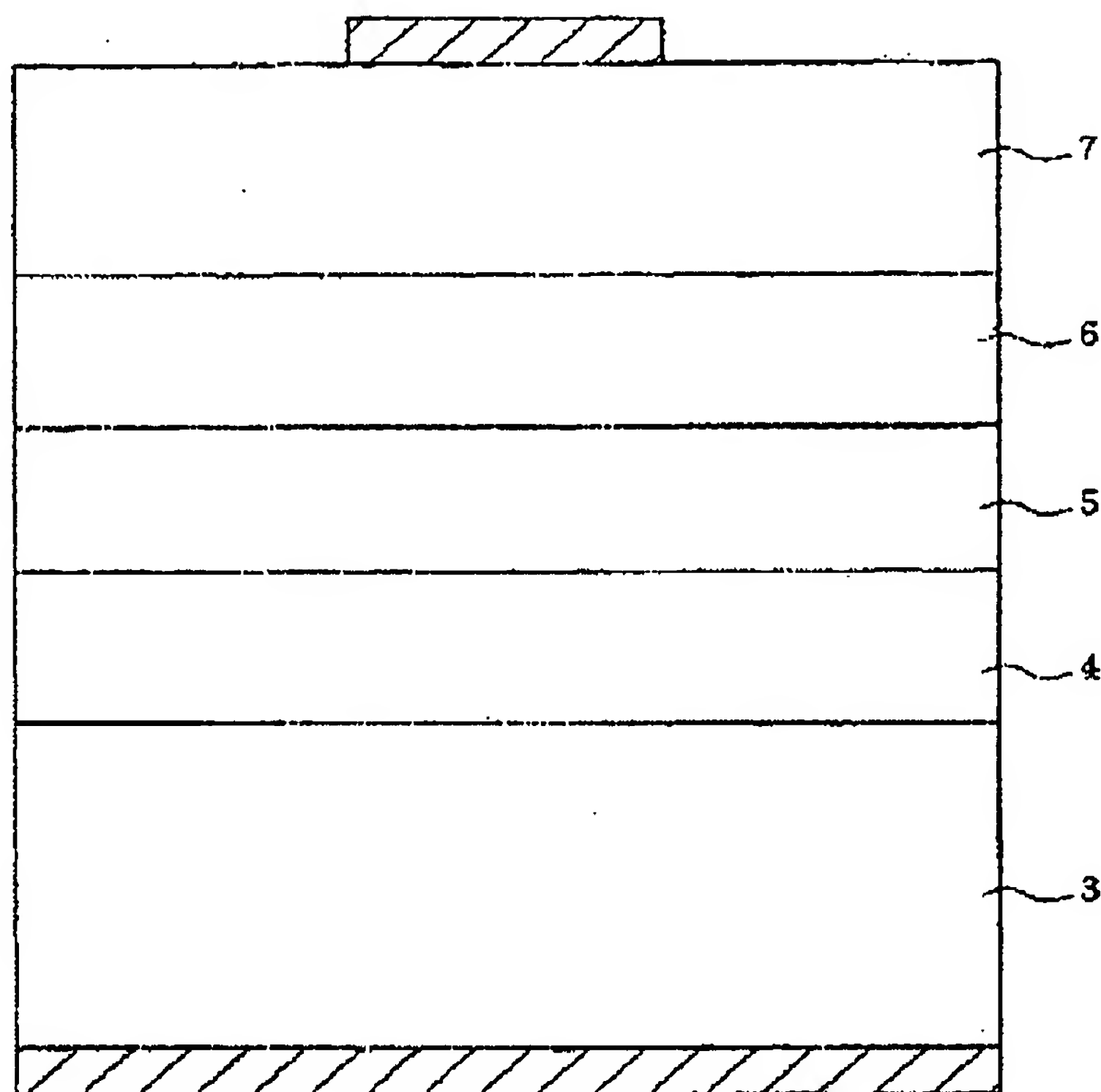


FIG. 4

(23)

特開2002-246640

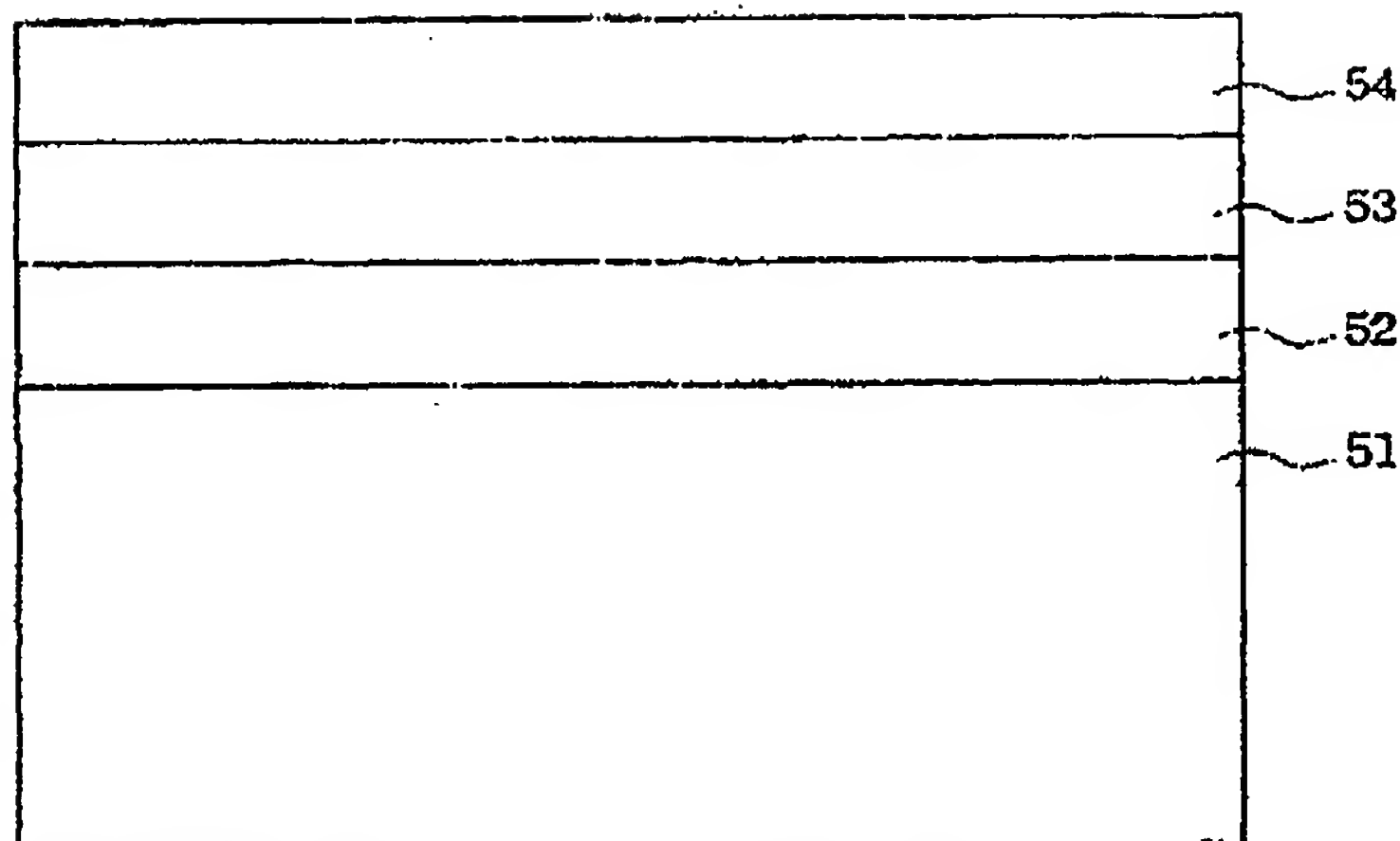


FIG. 5

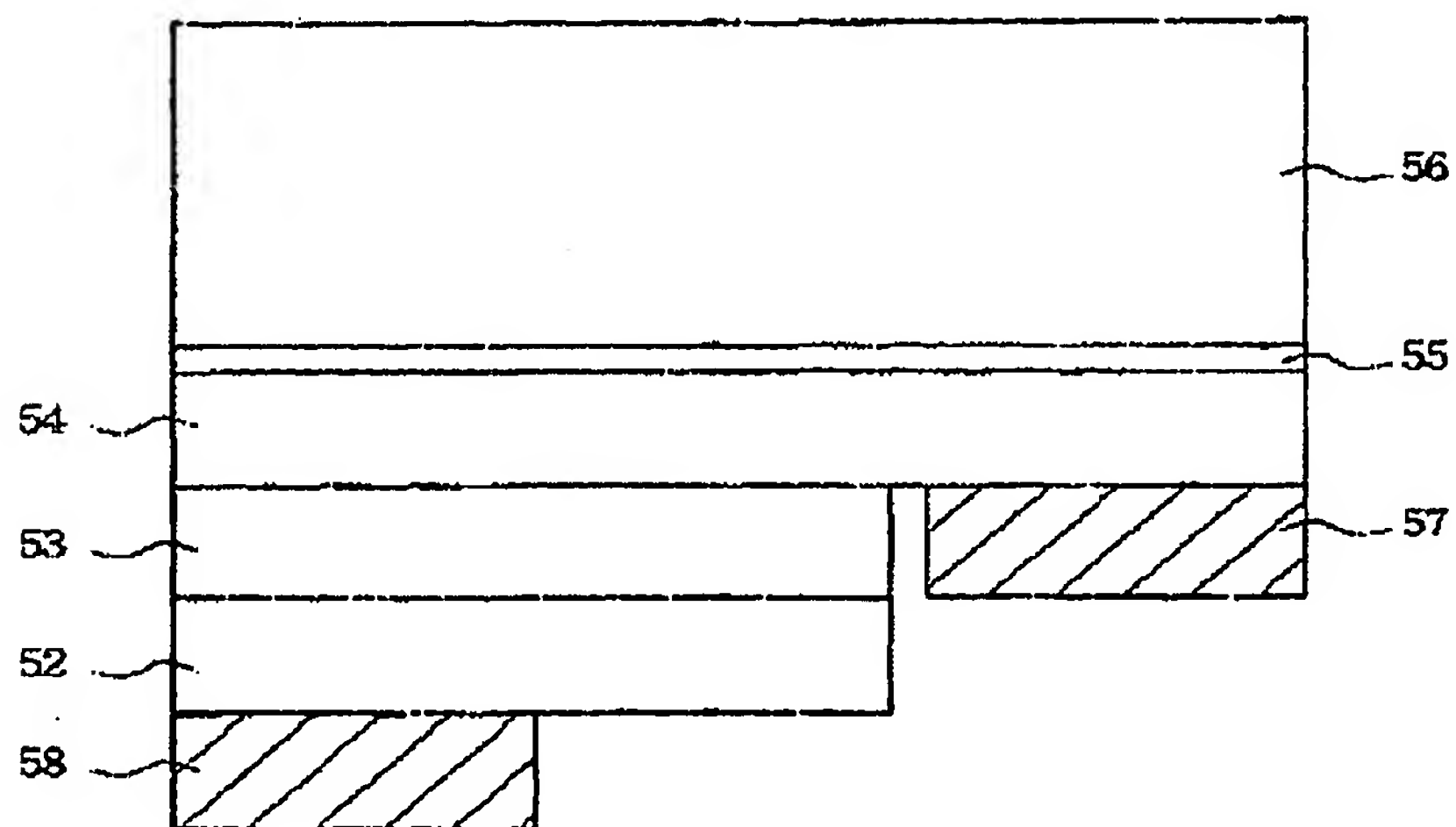


FIG. 6

I Abstract

(24)

特開2002-248640

A light emitting diode (LED) and method of making the same are disclosed. The present invention uses a layer of elastic transparent adhesive material to bond a transparent substrate and a LED epitaxial structure having a light-absorbing substrate. The light absorbing substrate is then removed to form a LED having a transparent substrate. By the use of the transparent substrate, the light emitting efficiency of the LED can be significantly improved.

3 Representative Drawing Fig 1

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record.**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.